# เครื่องโทรสาร

ดร.ศุภชัย ตั้งวงศ์ศานต์*

**เครื่องโทรสาร (Facsimile)** เป็นอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลแบบหนึ่งที่ส่งข้อมูลในรูปของภาพ (Image) โดยผ่านเครือข่ายสื่อสารที่เชื่อมโยงต้นทางและปลายทาง เครือข่ายสื่อสารเป็นได้ทั้งประเภทมีสาย หรือไร้สาย สายของการเชื่อมโยงโดยทั่วไปจะเป็นสายโทรศัพท์ เพราะเป็นเครือข่ายสื่อสารที่มีพร้อมอยู่แล้วการกระจายมีอยู่ทั่วไป

เครื่องโทรสารได้มีการพัฒนาใช้งานมากว่า 60 ปี แต่ได้ใช้เป็นประโยชน์ในภาคธุรกิจอย่างจริงจังในปี ค.ศ. 1966 ด้วยเครื่องโทรสารมีราคาถูกลง ขนาดวางตั้งบนโต๊ะได้และพิมพ์ได้ด้วยกระดาษธรรมดา ต่อมาก็ได้มีการพัฒนาปรับปรุงเครื่องโทรสารทั้งในด้านคุณภาพของภาพให้ดีขึ้น และในด้านเวลาของการส่งให้สั้นลง ด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ เช่น การกวาดภาพ (image scanning) สามารถให้ความละเอียดได้มากกว่า 7.7 เส้นต่อมิลลิเมตร การเปลี่ยนแปลงในรหัสของการส่งผ่านข้อมูล (CCITT G1, G2, G3 และ G4) วิธีการแปลงและแปลสัญญาณในสายโทรศัพท์ (modulation และ demodulation) ตลอดจนเทคโนโลยีในการพิมพ์ด้วยแสงเลเซอร์ และที่สำคัญคือ การพัฒนาของเทคโนโลยีต่างๆนี้ได้ช่วยทำให้อุปกรณ์เครื่องโทรสารมีราคาถูกลงอย่างมาก ทำให้เครื่องโทรสารได้มีผู้ใช้อย่างกว้างขวางในธุรกิจและอุตสาหกรรม ในสำนักงานยุคใหม่เครื่องโทรสารเป็นเครื่องอำนวยความสะดวกในด้านการติดต่อสื่อสาร การส่ง memo การส่งใบสั่งซื้อสินค้า การส่งผังการออกแบบ ดูเหมือนว่าเครื่องโทรสารจะเป็นอุปกรณ์หนึ่งที่ขาดเสียมิได้แล้วในเวลานี้

## ระบบการทำงาน

เครื่องโทรสารมีระบบการทำงานแสดงได้ดังรูป 1 ส่วนสำคัญประกอบด้วย ส่วนกวาดภาพ (Image scanner) ส่วนแปลงรหัส (Coding) ส่วน modulation และส่วนกลับของมันคือ demodulation ติดตามด้วยส่วนแปลรหัส และสุดท้าย ส่วนพิมพ์ภาพ (Image printing)

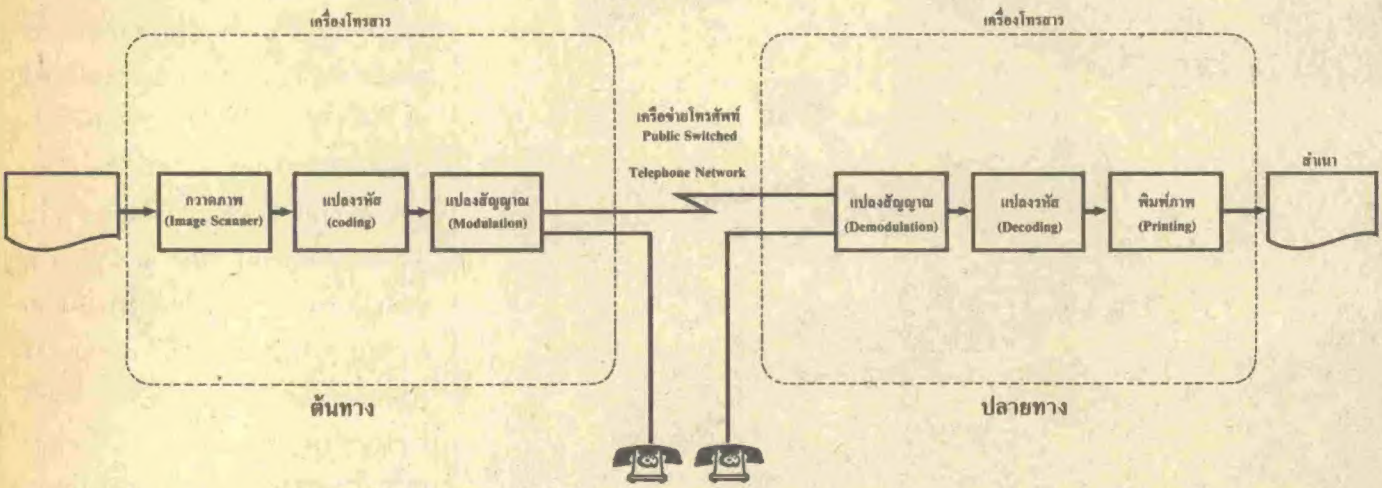
*ผู้อำนวยการสำนักคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

การกวาดภาพส่วนใหญ่จะใช้แบบพื้นเรียบ (Flat bed) ที่เอกสารต้นฉบับจะป้อนเข้า ซึ่งต่างจากในอดีตมักจะเป็นแบบรูปทรงกระบอก (Drum) ที่ให้เอกสารกลิ้งตามพื้นผิว เอกสารจะวิ่งเข้าในส่วนกวาดภาพในอัตราเร็วสม่ำเสมอ โดยมีหลอดแสงฉายลงบนเอกสารนั้น จุดขาว/ดำบนเอกสารจะสะท้อนแสงโดยให้ระดับความเข้มที่ต่างกัน ซึ่งตรวจจับได้ด้วย image sensor และแปลงออกในรูปของสัญญาณไฟฟ้า จากสัญญาณที่ได้มาแปลงเป็นรหัสข้อมูลเพื่อทำการส่งออกโดยผ่านสายโทรศัพท์หรือเครือข่ายสื่อสารอื่น ที่ปลายทางเมื่อรับรหัสข้อมูลที่ส่งมาได้ ก็จะทำการแปลกลับเป็นสัญญาณไฟฟ้า และพิมพ์ภาพออกโดยวิธีใช้ความร้อน (thermal printing) หรือใช้แสงเลเซอร์ บนกระดาษเพื่อเก็บเป็นสำเนา โดยทั่วไปความละเอียดของภาพจะได้ 3.85 เส้นต่อมิลลิเมตร และในอัตราเร็ว 20-60 วินาทีต่อแผ่น ของเอกสารขนาด A4 หากต้องการความละเอียดของภาพมากขึ้นเวลาการส่งผ่านก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

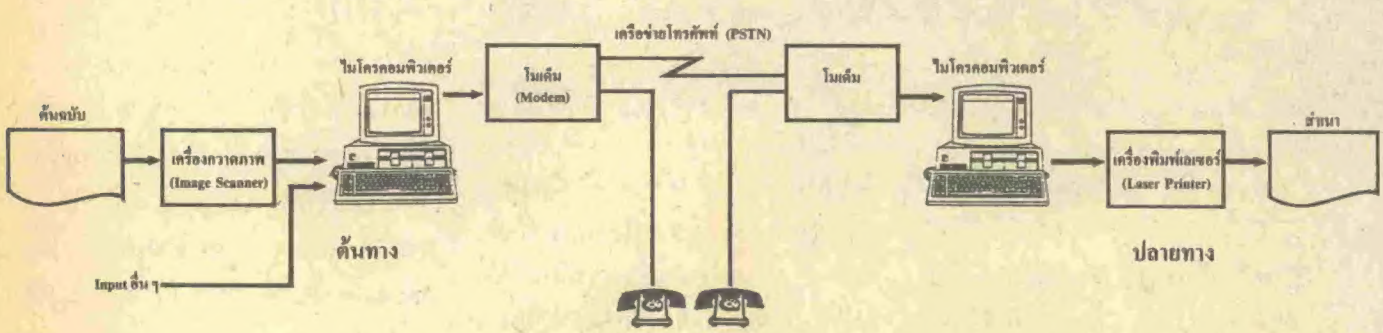
นอกจากทำงานตามขั้นตอนที่ได้กล่าวมาข้างต้น เครื่องโทรสารในปัจจุบันยังได้เพิ่ม "ลูกเล่น" อีกมากมาย เช่น มีหน่วยความจำทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์เก็บเอกสารไว้ขั้นหนึ่งก่อน บางเครื่องเก็บได้มากถึง 60 แผ่น ขนาดกระดาษ A4 และใช้เวลาเพียง 6 วินาทีในการกวาดภาพ มีความสามารถในการย่อส่วนเอกสาร (Size reduction) การติดต่อทางโทรศัพท์ทำได้โดย auto-dial และหากการติดต่อจับได้ว่ามีข้อผิดพลาดมากเครื่องยังสามารถส่งรหัสข้อมูลซ้ำอีกครั้งหนึ่ง (Automatic page re-transmission) นอกจากนี้ยังสามารถทำการกระจายการส่งได้ (Broadcasting) คุณลักษณะพิเศษเหล่านี้ช่วยทำให้การใช้งานเป็นไปอย่างสะดวก รวดเร็ว มีประสิทธิภาพและคุณภาพสูง

## ระบบโทรสาร

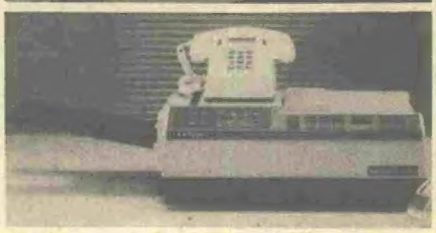
นอกจากเครื่องโทรสารในรูปแบบข้างต้นแล้ว ยังมีผู้คิดค้นส่งโทรสารจากเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์หรือพีซีโดยตรง เนื่องจากปัจจุบันอุปกรณ์ไมโครคอมพิวเตอร์ได้มีพร้อมอยู่แล้วในสำนักงาน ซึ่งทำหน้าที่เป็นเทอร์มินัลหรือเป็นเวอร์กสเตชั่น ระบบโทรสารจะมีส่วนประกอบดังรูป 2 ระบบโทรสารในรูป




รูปที่ 1 แสดงระบบการทำงานของเครื่องโทรสาร




รูปที่ 2 แสดงส่วนประกอบของระบบโทรสาร



แบบนี้ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์จะรับอินพุตจากเครื่องกวาดภาพ หรือแหล่งอินพุตอื่น เช่น เท็กซ์หรือภาพจากดิสเกตต์ หรือสร้างรูปจากเมาส์ สำหรับภาพเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์จะทำการแปลงเป็นรหัสแล้วส่งออกในลักษณะของไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic mail) โดยผ่านโมเด็มซึ่งทำหน้าที่ modulate สัญญาณให้วิ่งได้ในโทรศัพท์ที่ปลายทาง ไมโครคอมพิวเตอร์จะรับไปรษณีย์ที่ส่งมาอย่างอัตโนมัติเช่นเดียวกับเครื่องโทรสารทั่ว ๆ ไป และทำการแปลรหัสข้อมูลกลับมาในรูปของภาพและฝากเก็บไว้ในจานแม่เหล็กหรือจะพิมพ์ออกเครื่องพิมพ์เลเซอร์ได้ แต่การที่ฝากเก็บไว้ในจานแม่เหล็กมีข้อดีคือสามารถเลือกดูไปรษณีย์ก่อนได้ และทำลายไปรษณีย์ประเภทขยะ (Junk mail) เพื่อลดความสิ้นเปลืองในการพิมพ์

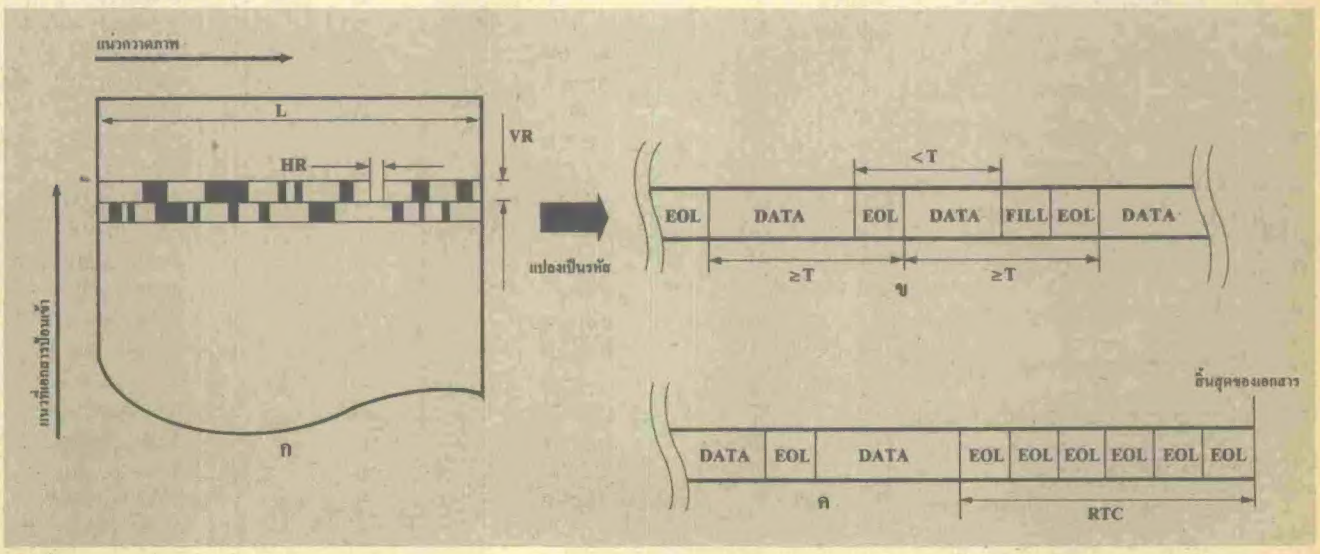
นอกจากนี้ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ไม่เพียงแต่สามารถรับ/ส่งข้อมูลในลักษณะโทรสารหรือภาพดังกล่าวแล้ว ยังสามารถรวมเอาข้อมูลในลักษณะของเสียงพูด (Voice, ส่งเป็น voice mail) วิดีโอ (Video) เข้าอยู่ในระบบเดียวกันเป็นระบบ CBMS (Computer-based message system)

ปัจจุบันระบบ CBMS ได้มีการพัฒนาทางเทคโนโลยีไปอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตาม ปัญหาหนึ่งที่ยังหาข้อยุติไม่ได้คือ ไม่สามารถใช้ร่วมกันได้อย่าง 100% หรือไม่มีคอมแพตทิบิลิตี้จากแหล่งผู้ขายที่ต่างกันเพราะผู้ขายมักจะหนีออกจากมาตรฐานหรือข้อกำหนดที่ตกลงกัน เพื่อพยายามผูกขาดในทางการค้า

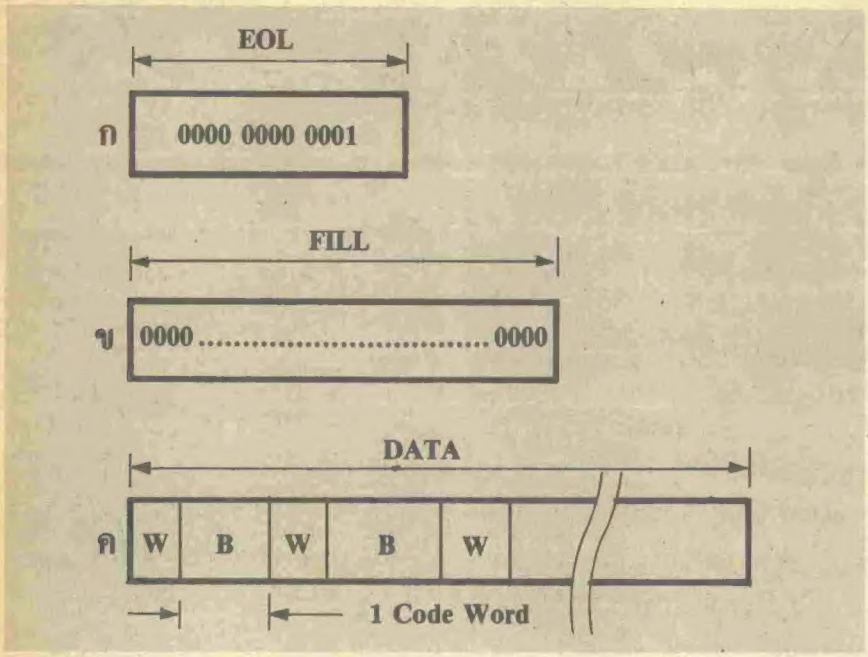
## รหัสการส่งผ่านข้อมูลโทรสาร

รหัสการส่งข้อมูลเป็นสิ่งจำเป็นขั้นพื้นฐานที่ต้องได้มาตรฐานเดียวกันเพื่อสามารถใช้ร่วมกันได้ รหัสข้อมูลโทรสารได้มีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงมาหลายยุค ตามมาตรฐานของ CCITT ได้มีกลุ่ม 1 ถึง 4 เรียกว่า G1, G2, G3 และ G4 ใน G1 และ G2 จัดเป็นกลุ่มของ analog facsimile G1 ใช้เวลาในการส่งสาร 4 ถึง 6 นาทีต่อแผ่นขนาดกระดาษ A4 ส่วน G2 ลดเวลาลงเหลือ 2-3 นาทีต่อแผ่น สำหรับ G3 และหลังสุดคือ G4 จัดเป็นกลุ่มของ digital facsimile G3 ใช้เวลาส่งสารไม่เกิน 1 นาทีต่อแผ่นบนสายโทรศัพท์ G4 มีการเปลี่ยนแปลงให้ใช้ได้ทั้งภาพและตัวอักษรปนกันในแผ่นเดียวได้ คือ ใช้ได้ทั้งรหัสของข้อกำหนดใน G3 และรหัสตัวอักษร นอกจากนี้ให้ลดระยะเวลาของการส่งและลดปัญหาความผิดพลาดในการรับข้อมูล

เครื่องโทรสารที่ขายในท้องตลาดปัจจุบัน ส่วนใหญ่ยังอยู่ในมาตรฐาน CCITT G3 และ G2 G2 นับวันจะหมดความสำคัญไป ในที่นี้จึงขอกล่าวเฉพาะ facsimile code ของ G3 ประเภท one dimension ดังนี้ ดูจากรูปที่ 3




รูปที่ 3 แสดง facsimile code ของ G3 ประเภท one dimension




**รูปที่ 4 แสดงรหัสของ EOL, FILL และ DATA**

ตามรูป 3 (ก) ให้

VR เป็นความละเอียดของการกวาดภาพตามแนวเอกสารป้อนเข้า

HR เป็นความละเอียดไปตามแนวกวาดภาพ

VR มีค่ามาตรฐาน 3.85 เส้นต่อ มม. ±1% และสำหรับความละเอียดสูง 7.7 เส้นต่อ มม. ±1%

HR มีความละเอียด 8 จุด (pel) ต่อ มม. โดยค่ามาตรฐาน 1728 pels (picture elements) ต่อความยาว 215 มม. ±1% หรือ 2048 pels ต่อ 255 มม. ±1% หรือ 2432 pels ต่อ 303 มม. ±1%

ภาพขาวดำที่กวาดได้ตามแนวนอน ซึ่งมีความ "หนา" VR และความยาว L จะแปลงเป็นรหัสข้อมูลประกอบด้วยรหัสตามรูป 3(ข)

<DATA> <EOL>

หรือ <DATA> <FILL> <EOL>

ให้ T เป็นค่าต่ำสุดของการส่งผ่านข้อมูล (minimum transmission time) มีค่ามาตรฐาน 20 msec

**รหัส <EOL>** บ่งบอกการสิ้นสุดของเส้น มีรหัสเป็น 0000 0000 0001 หากพบรหัส <EOL> เป็นจำนวน 6 ชุดติดต่อกันก็จะหมายถึงการสิ้นสุดของเอกสาร และกลับคืนสู่โหมดของการควบคุม (RTC = return to control) จามรูป 3(ค)

**รหัส <FILL>** จะให้รหัส 0 ทั้งหมด โดยจะสอดแทรกอยู่ระหว่างรหัส <DATA> และ <EOL> เมื่อเวลาของการส่งข้อมูลรวมกันแล้วสั้นกว่า T ตามรูป 3(ข) และรูป 4(ข)

**รหัส <DATA>** ซึ่งเป็นเนื้อหาของภาพจะประกอบด้วย code word ขาว/ดำ สลับกันดังรูป 4(ค) โดยรหัสขาว <W> จะขึ้นต้นก่อนทุกครั้ง หาก

**ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดของรหัส <TCW> และ <MCW> ทั้งของแถบขาวและดำ**

| White run length | Code word | Black run length | Code word |
|---|---|---|---|
| 0 | 00110101 | 0 | 0000110111 |
| 1 | 000111 | 1 | 010 |
| 2 | 0111 | 2 | 11 |
| 3 | 1000 | 3 | 10 |
| 4 | 1011 | 4 | 011 |
| 5 | 1100 | 5 | 0011 |
| 6 | 1110 | 6 | 0010 |
| 7 | 1111 | 7 | 00011 |
| 8 | 10011 | 8 | 000101 |
| 9 | 10100 | 9 | 000100 |
| 10 | 00111 | 10 | 0000100 |
| 11 | 01000 | 11 | 0000101 |
| 12 | 001000 | 12 | 0000111 |
| 13 | 000011 | 13 | 00000100 |
| 14 | 110100 | 14 | 00000111 |
| 15 | 110101 | 15 | 000011000 |
| 16 | 101010 | 16 | 0000010111 |
| 17 | 101011 | 17 | 0000011000 |
| 18 | 0100111 | 18 | 0000001000 |
| 19 | 0001100 | 19 | 00001100111 |
| 20 | 0001000 | 20 | 00001101000 |
| 21 | 0010111 | 21 | 00001101100 |
| 22 | 0000011 | 22 | 00000110111 |
| 23 | 0000100 | 23 | 00000101000 |
| 24 | 0101000 | 24 | 00000010111 |
| 25 | 0101011 | 25 | 00000011000 |
| 26 | 0010011 | 26 | 000011001010 |
| 27 | 0100100 | 27 | 000011001011 |
| 28 | 0011000 | 28 | 000011001100 |
| 29 | 00000010 | 29 | 000011001101 |
| 30 | 00000011 | 30 | 000001101000 |
| 31 | 00011010 | 31 | 000001101001 |

| White run length | Code word | Black run length | Code word |
|---|---|---|---|
| 32 | 00011011 | 32 | 000001101010 |
| 33 | 00010010 | 33 | 000001101011 |
| 34 | 00010011 | 34 | 000011010010 |
| 35 | 00010100 | 35 | 000011010011 |
| 36 | 00010101 | 36 | 000011010100 |
| 37 | 00010110 | 37 | 000011010101 |
| 38 | 00010111 | 38 | 000011010110 |
| 39 | 00101000 | 39 | 000011010111 |
| 40 | 00101001 | 40 | 000001101100 |
| 41 | 00101010 | 41 | 000001101101 |
| 42 | 00101011 | 42 | 000011011010 |
| 43 | 00101100 | 43 | 000011011011 |
| 44 | 00101101 | 44 | 000001010100 |
| 45 | 00000100 | 45 | 000001010101 |
| 46 | 00000101 | 46 | 000001010110 |
| 47 | 00001010 | 47 | 000001010111 |
| 48 | 00001011 | 48 | 000001100100 |
| 49 | 01010010 | 49 | 000001100101 |
| 50 | 01010011 | 50 | 000001010010 |
| 51 | 01010100 | 51 | 000001010011 |
| 52 | 01010101 | 52 | 000000100100 |
| 53 | 00100100 | 53 | 000000110111 |
| 54 | 00100101 | 54 | 000000111000 |
| 55 | 01011000 | 55 | 000000100111 |
| 56 | 01011001 | 56 | 000000101000 |
| 57 | 01011010 | 57 | 000001011000 |
| 58 | 01011011 | 58 | 000001011001 |
| 59 | 01001010 | 59 | 000000101011 |
| 60 | 01001011 | 60 | 000000101100 |
| 61 | 00110010 | 61 | 000001011010 |
| 62 | 00110011 | 62 | 000001100110 |
| 63 | 00110100 | 63 | 000001100111 |
| 64 | 11011 | 64 | 0000001111 |
| 128 | 10010 | 128 | 000011001000 |
| 192 | 010111 | 192 | 000011001001 |
| 256 | 0110111 | 256 | 000001011011 |
| 320 | 00110110 | 320 | 000000110011 |
| 384 | 00110111 | 384 | 000000110100 |
| 448 | 01100100 | 448 | 000000110101 |
| 512 | 01100101 | 512 | 0000001101100 |
| 576 | 01101000 | 576 | 0000001101101 |
| 640 | 01100111 | 640 | 0000001001010 |
| 704 | 011001100 | 704 | 0000001001011 |
| 768 | 011001101 | 768 | 0000001001100 |
| 832 | 011010010 | 832 | 0000001001101 |
| 896 | 011010011 | 896 | 0000001110010 |
| 960 | 011010100 | 960 | 0000001110011 |
| 1024 | 011010101 | 1024 | 0000001110100 |
| 1088 | 011010110 | 1088 | 0000001110101 |
| 1152 | 011010111 | 1152 | 0000001110110 |
| 1216 | 011011000 | 1216 | 0000001110111 |
| 1280 | 011011001 | 1280 | 0000001010010 |
| 1344 | 011011010 | 1344 | 0000001010011 |
| 1408 | 011011011 | 1408 | 0000001010100 |
| 1472 | 010011000 | 1472 | 0000001010101 |
| 1536 | 010011001 | 1536 | 0000001011010 |
| 1600 | 010011010 | 1600 | 0000001011011 |
| 1664 | 011000 | 1664 | 0000001100100 |
| 1728 | 010011011 | 1728 | 0000001100101 |
| EOL | 000000000001 | EOL | 0000000000001 |

ของจริงในเอกสารแถบภาพดำขึ้นต้นก่อน รหัสความยาวศูนย์ของขาว <W> จะใช้เป็นคำนำหน้า

ใน 1 code word อาจประกอบด้วยรหัส <TCW> หรือรหัส <MCW> <TCW>

**<TCW>** (Terminating code word) เป็นรหัสที่ใช้แทนแถบภาพความยาวตั้งแต่ 0-63 pels

**<MCW>** (Make-up code word) เป็นรหัสแทน multiple ของ 64 เช่น 64, 128, 192,...1728 ตาราง 1(ก) และ (ข) แสดงรายละเอียดของรหัส <TCW> และ <MCW> ทั้งของแถบขาวและดำ

**ตัวอย่าง** จากการกวาดภาพได้เส้นภาพเส้นหนึ่งเริ่มด้วยเส้นดำ ติดตามด้วยเส้นขาวสลับเส้นดำ จนถึงสิ้นสุดของภาพเส้นนั้น ความยาวเป็น 66, 135,...pels ตามลำดับ

รหัส <DATA> ของภาพเส้นนี้จะเป็นดังนี้

**Block ที่ 1** เป็นเส้นขาวความยาว = 0 รหัสเป็น 0011 0101

**Block ที่ 2** เป็นเส้นดำความยาว = 66 หรือ = 64+2

รหัสเป็น 0000 0011 11 11
<MCW> <TCW>

**Block ที่ 3** เป็นเส้นขาวความยาว = 135 หรือ = 128+7

รหัสเป็น 10010 1111
<MCW> <TCW>

Block ต่อ ๆ ไป หาได้ในทำนองเดียวกัน

นอกจากการแปลงรหัสของภาพใน one dimension แล้ว ใน G3 ยังมีการแปลงรหัสแบบ two dimensions รายละเอียดติดตามได้ในเอกสารของ CCITT Standardization of Group 3 Facsimile Apparatus for Document Transmission